

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-142836

(43)Date of publication of application : 28.05.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335
G02F 1/137

(21)Application number : 09-304255

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 06.11.1997

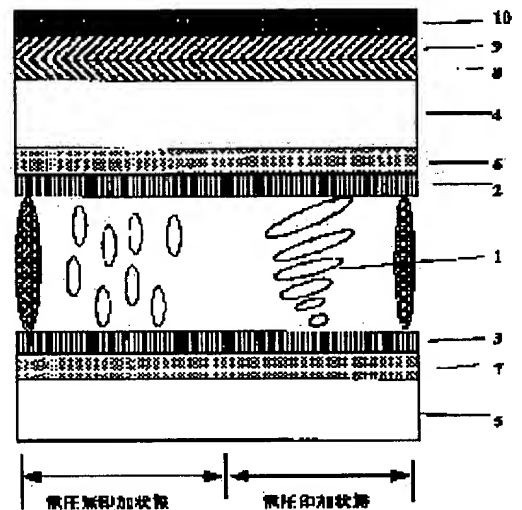
(72)Inventor : MITSUI SEIICHI
OKAMOTO MASAYUKI
MINOURA KIYOSHI

(54) REFLECTION TYPE LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE AND LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE INTEGRATED WITH PRESSURE SENSITIVE TYPE INPUT DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a reflection type liquid crystal display device of color display excellent in visibility which is a liquid crystal display device of a single-sheet polarizing plate system capable of making high-resolution display and a reflection type liquid crystal display device integrated with a pressure sensitive type input device.

SOLUTION: This reflection type liquid crystal display device includes a first substrate 5 having light reflective electrodes, a second substrate 4 having transparent electrodes, a nematic liquid crystal layer which is held between these substrates 4, 5, is negative in dielectric anisotropy and twists with voltage impression, plural sheets of optical phase difference compensation plates 8, 9 arranged on the second substrate 4 for the incident of circularly polarized light on this liquid crystal layer and one sheet of the polarizing plate 1a. In such a case, the surface of the first and second substrates 4, 5 are subjected approximately to a perpendicular alignment treatment. The natural pitch (p) of the liquid crystals, the thickness (d) of the liquid crystal layer and the double refractive index difference Δn of the liquid crystals are so selected as to hold $0 < \Delta n \cdot d / p < 1$ and $200 \text{ nm} < d < 1200 \text{ nm}$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 4 2 8 3 6

(43) 公開日 平成11年(1999)5月28日

(51) Int. Cl.⁶

G 0 2 F 1/1335
1/137

識別記号

5 1 0

F I

G 0 2 F 1/1335 5 1 0
1/137

審査請求 未請求 請求項の数 8

O L

(全 1 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-304255

(22) 出願日 平成9年(1997)11月6日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 三ツ井 精一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72) 発明者 岡本 正之

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72) 発明者 箕浦 潔

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

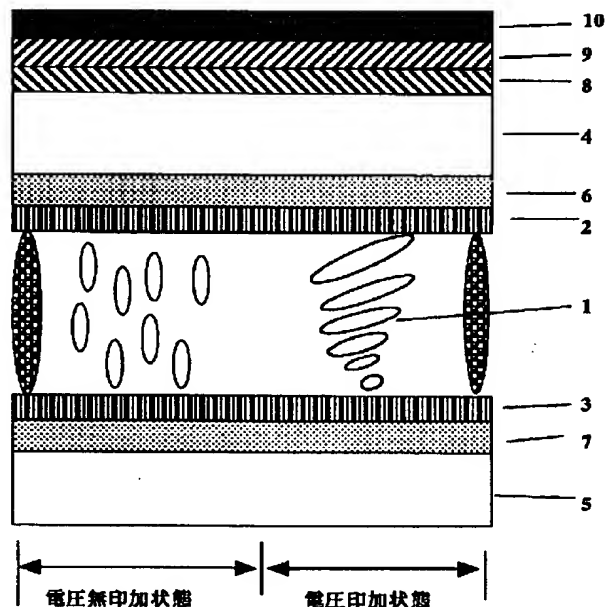
(74) 代理人 弁理士 小池 隆彌

(54) 【発明の名称】 反射型液晶表示装置及び感圧式入力装置一体型液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 高解像度表示が可能な1枚偏光板方式の液晶表示装置であって、視認性に優れたカラー表示の反射型液晶表示装置および感圧式入力装置一体型反射型液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 光反射性電極を有する第1基板と、透明電極を有する透明な第2基板と、前記基板間に挟持された誘電異方性が負で、かつ電圧印加に伴いツイストするネマティック液晶層と、該液晶層に円偏光が入射のための前記第2基板上に配置された複数枚の光学位相差補償板と1枚の偏光板とを具備した反射型液晶表示装置において、前記第1および第2の基板表面は概ね垂直配向処理で、液晶の自然ピッチ p 、液晶層厚 d 、液晶の複屈折率差 Δn において、 $0 < |d/p| < 1$ かつ $200 \text{ nm} \leq \Delta n * d \leq 1200 \text{ nm}$ が成立するように選択されることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光反射性電極を有する第 1 の基板と、透明電極を有する透明な第 2 の基板と、前記第 1 及び第 2 の基板間に挟持された誘電異方性が負で、かつ電圧印加に伴いツイストするネマティック液晶層と、該液晶層に円偏光が入射するために、前記第 2 の基板上に配置された複数枚の光学位相差補償板と 1 枚の偏光板とを具備した反射型液晶表示装置において、前記第 1 および第 2 の基板表面は概ね垂直配向処理され、液晶の自然ピッチを p 、液晶層厚を d 、液晶の複屈折率差を Δn とした時、 $0 < |d/p| < 1$ かつ $200 \text{ nm} \leq \Delta n * d \leq 1200 \text{ nm}$ が成立するように、液晶の自然ピッチ、液晶層厚、液晶の複屈折率差が選択されることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項 2】 前記第 2 の基板の上に配置された複数枚の光学位相差補償板が 2 枚であり、光学位相差補償板の基板法線方向のリターデーションが 100 nm 以上 180 nm 以下に設定された第 1 の光学位相差補償板と、第 1 の光学位相差補償板の上に配置され、かつ基板法線方向のリターデーションが 200 nm 以上 360 nm 以下に設定された第 2 の光学位相差補償板と、第 2 の光学位相差補償板上に配置された 1 枚の偏光板とを具備した反射型液晶表示装置であって、前記偏光板の透過軸（あるいは吸収軸）と、前記第 1 および第 2 の光学位相差補償板の遅相軸のなす角度をそれぞれ θ_1 および θ_2 とした時、

$$35^\circ \leq |2 \times \theta_2 - \theta_1| \leq 55^\circ$$

が成立するように、偏光板および光学位相差補償板が配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 3】 前記第 2 の基板の上に配置された複数枚の光学位相差補償板が 3 枚であり、光学位相差補償板の基板法線方向のリターデーションが 100 nm 以上 180 nm 以下に設定された第 1 の光学位相差補償板と、第 1 の光学位相差補償板の上に配置され、かつ基板法線方向のリターデーションが 200 nm 以上 360 nm 以下に設定された第 2 の光学位相差補償板と、第 2 の光学位相差補償板の上に配置され、かつ基板法線方向のリターデーションが 200 nm 以上 360 nm 以下に設定された第 3 の光学位相差補償板と、第 3 の光学位相差補償板上に配置された 1 枚の偏光板とを具備した反射型液晶表示装置であって、前記偏光板の透過軸（あるいは吸収軸）と前記第 1、第 2、第 3 の光学位相差補償板の遅相軸のなす角度をそれぞれ θ_1 、 θ_2 、 θ_3 とした時、

$$35^\circ \leq |2 \times \theta_3 - \theta_2 - \theta_1| \leq 55^\circ$$

が成立するように、偏光板および光学位相差補償板が配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 4】 前記第 1 または第 2 の基板上の一方の液晶分子が、基板に対し法線方向と 0 で無い角度をなす一

様な配向を有していることを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 5】 前記光反射性電極の表面がなめらかで連続的に変化する凹凸形状光反射膜を有し、該光反射膜が前記第 2 の基板の透明電極を対向電極として液晶層への電圧印加電極としても機能することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 6】 前記光反射性電極の表面に形成された凹凸形状が、基板平面内の方位によって、平均凹凸周期が異なる形状であることを特徴とする請求項 5 記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 7】 前記第 2 の基板上に形成された平均凹凸周期が異なる凹凸形状の反射膜を具備する反射型液晶表示装置において、観察者が見る観察方位を、前記反射膜の凹凸周期の短い方位と表示面の法線を含む平面内に定めることを特徴とする請求項 6 記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 8】 請求項 1 記載の反射型液晶表示装置において、層状の空隙を備えて装置外部からの押圧力を感知する機能を有する平面状感圧素子を前記第 1 の光学位相差補償板と前記第 2 の基板の間で挟持することを特徴とする感圧式入力装置一体型反射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ワードプロセッサ、ノート型パソコン等のオフィスオートメーション（OA）機器や、各種映像機器およびゲーム機器等を使用され、直視式のバックライトを用いない構成の反射型液晶表示装置に関し、特にカラー反射型液晶表示装置および感圧式入力装置一体型反射型液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、カラーディスプレイのうち、薄型、軽量等の特徴を有するものとして、液晶表示装置が多用されている。カラー液晶表示装置として、特に広く用いられているものは、背景に光源を用いた透過型液晶表示装置であり、各種分野に用途が拡大している。

【0003】この透過型液晶表示装置に対して、他の表示方式である反射型液晶表示装置は、バックライトを必要としないため光源用電力が削減可能であり、さらに、バックライトのスペースや重量が節約できる等の特徴を有している。即ち、表示装置全体として、消費電力の低減が実現でき、小型のバッテリーを用いることが可能になり、軽量薄型を目的とする機器に適している。あるいは、機器の大きさまたは重量を同一にするように作製すれば、大型のバッテリーに用いることで動作時間の飛躍的な拡大が期待出来る。

【0004】また、表示面のコントラスト特性の面から、発光型表示装置である CRT 等では、日中の屋外で

大幅なコントラスト比の低下が見られたり、低反射処理の施された透過型液晶表示装置においても、直射日光下等の周囲光が表示光に比べて非常に強い場合には、同様に大幅なコントラスト比の低下が避けられない。これに対し、反射型液晶表示装置は、周囲光量に比例した表示光が得られ、携帯情報端末機器やデジタルカメラ、携帯ビデオカメラ等の屋外での使用には、特に好適である。

【0005】上記のような非常に有望な応用分野を有しながら、十分なコントラスト比や反射率、多色カラー化、高精細表示や動画への対応等の性能が不十分なため、現在まで十分な実用性を有する反射型カラー液晶表示装置は得られていない。

【0006】以下、反射型液晶表示装置についてさらに詳述する。従来のツイステッドネマティック（以下、TNと略す）型液晶表示装置は、偏光板を2枚用いる構成であって、コントラスト比やその視角依存性の特性に優れているが、必然的に反射率が低い。また、液晶変調層と光反射層の距離が基板等の厚みだけ離れているために照明光の入射時と反射時の光路のずれに伴う視差が生じる。

【0007】特に、1層の液晶変調層に色要素毎に異なる画素を与えたカラーフィルタを組み合わせる、通常の透過型液晶ディスプレイに用いられる構成では、入射時と反射時に通過する色要素が、光の進行方向が傾斜している場合には異なり、カラーの高解像度、高精細表示には向いていない。これらの理由により、この表示モードを用いた反射型のカラー表示は実用化に至っていない。

【0008】これに対し、偏光板を用いないかもしくは1枚のみ用いて、染料を液晶に添加したゲストホスト型液晶素子（以下、GHと略す）が開発されてきたが、染料を添加しているため信頼性に欠け、また染料の二色性比が低いと高いコントラスト比が得られないといった問題がある。特に、コントラストの不足は、カラーフィルタを用いるカラー表示においては、色純度を大幅に低下させるため、色純度の高いカラーフィルタと組み合わせる必要があり、色純度の高いカラーフィルタのために明度が低下し、偏光板を用いないことによる本方式の高明度という利点が損なわれるという問題がある。

【0009】これらを背景に、高解像度、高コントラスト表示の期待できる1枚の偏光板を用いた方式（以下、1枚偏光板方式と称する）の液晶表示素子が開発されている。この中でも高いコントラストが実現できる1/4波長板との組み合わせた例が多く開示されている。

【0010】その一例としては、偏光板1枚と1/4波長板とを用いた反射型TN（45°ツイスト型）方式の液晶表示装置が、特開昭55-48733号公報に開示されている。この先行技術においては、45°傾けた液晶層を用い、印加される電界を制御することによって、入射直線偏光の偏波面を1/4波長板の光軸に平行な状態と45°傾けた状態との2つの状態を実現して白黒表

示を行っている。この液晶セルの構成は、入射光側から偏光子、45°ツイスト液晶層、1/4波長板、反射板となっている。

【0011】さらに、USP4,701,028（Clerc）には、偏光板1枚と1/4波長板と垂直配向液晶セルとを組み合わせた反射型液晶表示装置が開示されている。また、特開平6-337421号公報には、偏光板1枚と1/4波長板とベンド垂直配向液晶セルを組み合わせた反射型液晶表示装置が開示されている。また、Euro Display 96（P.464）にも、偏光板1枚と1/4波長板と垂直配向液晶セルを組み合わせた反射型液晶表示装置が開示されている。

【0012】また、SID96 DIGEST（P.763）には垂直配向処理された上下の基板の間に、誘電率異方性が負で、カイラルドーパントを添加した液晶を挟持した表示モードを反射型プロジェクションに適用した例が開示されている。

【0013】上記特開平6-337421号公報に示した1枚偏光板方式の表示動作について説明する。入射側に配置された偏光板は、入射光と出射光の偏光の直線成分のうち1方向のみを通過させ、他方向のものを吸収する働きを持つ。偏光板を通過した入射光は $\lambda/4$ 板等の光学位相差補償板によって円偏光となり、液晶層に入射し、垂直配向した液晶層を通過し、そのまま反射板へと到達する。反射板に到達した光は、反射板で反対の円偏光に変換され、入射時と逆の順序で液晶層、 $\lambda/4$ 板等を通過して、入射時の直線偏光と直交する直線偏光となり、暗状態が実現される。

【0014】また、電圧印加により、液晶層を傾斜し、ある条件の位相差を発現させると、偏光板を通過した入射円偏光が直線偏光に変換され、反射板でそのまま直線偏光となり、入射時の直線偏光と平行の直線偏光が得られ、明状態が実現される。

【0015】つまり、これらの状態を液晶表示装置に垂直に入射および出射する光に対して実現するための必要十分条件は、明状態に対しては反射板上での偏光状態が任意の方位の直線偏光となること、また、暗状態に対しては反射板上で右または左の円偏光となることが既に公知である。

【0016】また、携帯型の情報機器においては、従来より用いられているキーボードに加え、タッチパネル（感圧式入力装置）が有力な入力手段になる。特に、キーボードからの入力を変換する必要がある言語、例えば日本語等の入力においては、情報処理能力の高度化、ソフトウェアの発展に伴ってタッチパネルを単なるポインティングデバイスとしてではなく、手書き直接入力等の入力装置として使用することが一般的になってきた。このような入力形態の場合、表示装置前面に入力装置を重ねて配置することが行われている。

【0017】しかし、反射型液晶表示装置においては反

射光を表示に利用するため、タッチパネルの低反射処理の手段は下部に設置される反射型液晶表示装置の表示を損なうものであってはならない。特開平5-127822号公報にタッチパネルに1/4波長板と偏光板を重ねて低反射処理を行うことが開示されている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記特開昭55-48733号公報に開示された液晶表示装置では、液晶層と反射板との間に1/4波長板を設ける必要があるため、原理上、液晶セルの内側に反射膜を形成することが難しく、高解像度、高精細表示に適さない。

【0019】前記USP4,701,028、特開平6-337421号公報、EuroDisplay96

(p.464)に記載された垂直配向方式の液晶表示装置では、第1に、垂直配向、特に傾斜垂直配向の方向が上下基板の間で平行であり、液晶は一方方向に倒れることになり、面内の視野角依存性がきわめて大きいという問題があり、第2に、反射率の波長依存性が大きいために色づく問題がある。

【0020】また、前記SID96 DIGEST p.763の記載の表示モードでは、1/4波長板を使用せず、偏光ビームスプリッターを用いて、直線偏光を入射しており、直視型には適用していない。さらに、液晶の自然ピッチをp、セル厚をdとした時の $|d/p|$ の詳細な設定、最適な $\Delta n \cdot d$ (複屈折率差*液晶層厚)については言及されていない。

【0021】さらには、反射型液晶表示装置として実用可能な性能が実現された場合であっても、タッチパネルを配置すると、視認性を極度に悪化させる問題がある。これは、透過型液晶表示装置やその他の発光型表示装置において、タッチパネルを配置した場合の視認性の低下は、タッチパネルからの反射光を生じる原因となっている光源(例えば、天井灯等)による反射光を取り除くことや、その方向を変更することにより容易に解決可能である。しかし、反射型表示装置においては、光源がタッチパネルからの反射光を生じ、かつ、表示用装置の表示光源となっているため、前記のような解決方法を計ることができない。

【0022】そのため、この視認性の低下を解決することが、反射型表示装置の実現とともに実用的な低消費電力の携帯情報機器の実現に重要である。特開平5-127822号公報に示されているタッチパネルの構成は、1/4波長板の作用によって反射を防止する効果を有するが、通常の1/4波長板は可視域の特定波長に対して低下は避けられない。

【0023】さらに、下部に設置した表示装置における偏光状態が、この1/4波長板と光板の組み合わせで得られる円偏光の透過光成分を、どの程度含むかによって表示の明るさが決定される。すなわち、下部に実質的に偏光特性を持たない表示装置(例えば、360度ツイス

ト液晶に色素を混入したホワイトテラー型ゲストホスト液晶装置)を使用すると、反射効率は、タッチパネル前面の偏光板の透過率により、タッチパネルを使用しない場合の最大でも1/2になる。

【0024】他の例として、下部の表示装置が直線偏光を表示に利用する場合(例えば、タッチパネルと液晶セルの間に、さらに偏光板を配したTN型およびSTN型液晶表示装置)である場合にも、同様にタッチパネルを使用しない場合の最大1/2効率になるとともに、さらに、1/4波長板の位相差が光の波長に依存するため、これを偏光板で挟持する配置になって、色調が変化する。

【0025】いずれの場合も明度が不足し、背景光等の明度向上手段の無い反射型液晶表示装置との組み合わせとしては不適當である。つまり、特開平5-127822号公報に記載のタッチパネルの更なる反射防止機能の向上が必要であり、そのタッチパネルに入射した外光を、反射型液晶に利用するための好適な構成は開示されていない。

【0026】そこで、本発明は上記の高解像度表示が可能な1枚偏光板方式の液晶表示装置のかかる課題を解決するためになされたものであって、視認性に優れたカラー表示の反射型液晶表示装置および感圧式入力装置一体型反射型液晶表示装置を供することを目的とする。

【0027】

【課題を解決するための手段】そこで、上記目的を達成するために、本願発明者らは鋭意検討した結果、視差を生じない構成が可能で高解像度表示を実現可能な1枚偏光板方式において、明状態と暗状態の実現に必要な反射板上での異なる偏光状態を、電気的に切り替える可能な手段として、液晶層に電圧を印加しない状態で液晶表示装置の暗状態を実現するように偏光板と光学位相差補償板を構成することが、液晶層の製造工程に高い精度を要求することなく、良好な暗状態を実現するために必要であることを見出した。さらに、このような偏光状態を実現するための偏光板と光学位相差補償板の構成を見出し、これらを用いて最適な表示を実現する液晶層の構成をも検討した。

【0028】まず、本発明のうち請求項1記載の反射型液晶表示装置において、光反射性電極を有する第1の基板と、透明電極を有する透明な第2の基板と、前記第1及び第2の基板間に挟持された誘電異性が負で、かつ電圧印加に伴いツイストするネマティック液晶層と、該液晶層に円偏光が入射するために、前記第2の基板上に配置された複数枚の光学位相差補償板と1枚の偏光板とを具備した反射型液晶表示装置において、前記第1および第2の基板表面は概ね垂直配向処理され、液晶の自然ピッチをp、液晶層厚をd、液晶の複屈折率差を Δn とした時、 $0 < |d/p| < 1$ かつ $200 \text{ nm} \leq \Delta n \cdot d \leq 1200 \text{ nm}$ が成立するように、液晶の自然ピッ

チ、液晶層厚、液晶の複屈折率差が選択されることを特徴とする。

【0029】このように構成することにより、電圧無印加状態で良好な暗表示と電圧印加により明表示を実現することができる。つまり、液晶層は電圧無印加状態で良好な垂直配向し、電圧印加状態でツイスト配向するように構成できる。

【0030】好ましくは、上記構成のうち、液晶の自然ピッチ p と液晶層厚 d との関係において、 $1/6 < |d/p| < 1$ を満たすように選択することにより、波長依

存性の小さな良好な表示が実現される。

【0031】さらに、本発明のうち請求項2記載の発明は、前記第2の基板の上に配置された複数枚の光学位相差補償板が2枚であり、光学位相差補償板の基板法線方向のリターデーションが100nm以上180nm以下に設定された第1の光学位相差補償板と、第1の光学位相差補償板の上に配置され、かつ基板法線方向のリターデーションが200nm以上360nm以下に設定された第2の光学位相差補償板と、第2の光学位相差補償板上に配置された1枚の偏光板とを具備した反射型液晶表示装置であって、前記偏光板の透過軸（あるいは吸収軸）と、前記第1および第2の光学位相差補償板の遅相軸のなす角度をそれぞれ θ_1 および θ_2 とした時、 $35^\circ \leq |2 \times \theta_2 - \theta_1| \leq 55^\circ$

が成立するように、偏光板および光学位相差補償板が配置されていることを特徴とし、このように構成することにより、液晶層に良好な円偏光を入射することが可能となる。

【0032】また、本発明のうち請求項3記載の発明は、前記第2の基板の上に配置された複数枚の光学位相差補償板が3枚であり、光学位相差補償板の基板法線方向のリターデーションが100nm以上180nm以下に設定された第1の光学位相差補償板と、第1の光学位相差補償板の上に配置され、かつ基板法線方向のリターデーションが200nm以上360nm以下に設定された第2の光学位相差補償板と、第2の光学位相差補償板の上に配置され、かつ基板法線方向のリターデーションが200nm以上360nm以下に設定された第3の光学位相差補償板と、第3の光学位相差補償板上に配置された1枚の偏光板とを具備した反射型液晶表示装置であって、前記偏光板の透過軸（あるいは吸収軸）と前記第1、第2、第3の光学位相差補償板の遅相軸のなす角度をそれぞれ θ_1 、 θ_2 、 θ_3 とした時、 $35^\circ \leq |2 \times \theta_3 - \theta_2 - \theta_1| \leq 55^\circ$

が成立するように、偏光板および光学位相差補償板が配置されていることを特徴とし、このように構成することにより、液晶層に、上記構成より、さらに良好な円偏光を入射することが可能となる。

【0033】ここで、上記構成に加え、請求項4記載の発明のように、前記第1または第2の基板上の一方の液

晶分子が、基板に対し法線方向と0度無い角度をなすような配向を有するように構成することにより、均一で良好な表示が実現できる。

【0034】さらなる上記目的を達成するために、本願発明者らは鋭意検討した結果、これらの高解像度表示可能な反射率変調方法を損なわないためには、不要な散乱が無く、平坦な鏡面と同様に偏光に対する攪乱作用（偏光解消作用）を持たない拡散性反射板が、拡散性の無い鏡面性の反射板を使用して表示装置前面に散乱板を配置した場合と比べ、格段に有効な手段であることを見出した。

【0035】そこで、本発明の反射型液晶表示装置において、請求項5記載のように、前記光反射性電極の表面がなめらかで連続的に変化する凹凸形状光反射膜を有し、該光反射膜が前記第2の基板の透明電極を対向電極として液晶層への電圧印加電極としても機能することを特徴とする。

【0036】一方、発明者らは、この凹凸形状の平均周期が拡散性反射特性を特徴づけることを見出している。即ち、入射光を均一に拡散させるには該平均周期は反射板の平面内の任意の方位に関して同様に設定すればよいが、この周期を該平面内の特定の方位に関して変更することにより、特定方位からの照明光を特定の方位に反射させる場合の反射率を大きくすることが可能である。

【0037】すなわち、ゲストホスト方式に比べ良好な暗状態を実現する本発明の反射型液晶表示装置において、請求項6記載のように、前記光反射性電極の表面に形成された凹凸形状が、基板平面内の方位によって、平均凹凸周期が異なる形状であることを特徴とし、さらに明るい液晶表示装置を実現することが可能となる。

【0038】また、この良好な方位に拡散性反射板の明るい方位を設定することにより、特に優れた視認性を獲得するに至った。この拡散性反射板の明るい方位は、一般には照明の方位と観察者の方位に依存するものの、様々な照明条件に対して良好な配置として、請求項7記載のように、前記第2の基板上に形成された平均凹凸周期が異なる凹凸形状の反射膜を具備する反射型液晶表示装置において、観察者が見る観察方位を、前記反射膜の凹凸周期の短い方位と表示面の法線を含む平面内に定めることを特徴とする。

【0039】また、上記請求項1記載の反射型液晶表示装置においては、偏光板と2枚の光学位相差補償板を通過した光は概ね円偏光になっているため、それらよりも反射板側に偏光状態の変化を伴わない反射があったとしても、その反射光は出射時に偏光板に吸収される。そのため、携帯機器の入力装置として有用な感圧式入力装置（タッチパネル）の反射光が、視認性の悪化を生じさせない。このように反射防止したタッチパネルと組み合わせる液晶表示装置として、該タッチパネルを通過した円偏光を、位相差板や偏光板等を付加することなく、有効

に表示に利用できる本発明による反射型液晶表示装置は、タッチパネルと組み合わせる液晶表示装置として極めて有効であることを見出した。

【0040】すなわち、本発明のうち請求項8記載の感圧式入力装置一体型反射型液晶表示装置は、請求項1記載の反射型液晶表示装置において、層状の空隙を備えて装置外部からの押圧力を感知する機能を有する平面状感圧素子を前記第1の光学位相差補償板と前記第2の基板の間で挟持することを特徴とする。

【0041】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に即して説明する。

【0042】図1は本発明の反射型液晶表示装置の構成を示す断面図である。液晶層1はラビング配向処理された垂直配向膜2の形成された入射側基板4と、同様にラビング配向処理された垂直配向膜3の形成された反射側基板5によって挟持されている。この基板4と5には、それぞれ液晶層に電圧を印加するための電極6と7が形成されている。

【0043】また、電極7は、反射板を兼ねてもよく、さらに、その場合は、反射光の偏光性を保存する程度に滑らかな凹凸形状を有していてもよい。滑らかな凹凸形状は、反射板上で、方向によって異なる凹凸周期のものを用いてもよい。上記構成による電極対への電圧印加手段として、アクティブ素子等を用いてもよく、電圧印加手段に本発明が影響されないことは言うまでもない。

【0044】このように構成された液晶表示装置の基板4の観察者側には、第1の光学位相差補償板8と第2の光学位相差補償板9を配置し、さらに偏光板10が配置されている。

【0045】以下、各光学素子の作用について説明する。本発明の液晶表示装置は、偏光板10を通して、液晶層1に外光等の照明光を入射させ、照明光の入射した偏光板10側から観察する反射型液晶表示装置である。偏光板10によって、照明光のうちの特定の方位の直線偏光成分のみが選択的に透過入射し、その入射直線偏光は複数枚の光学位相差補償板によって偏光状態が変化し、円偏光となるように光学配置される。

【0046】例えば、図1に示すような液晶表示装置の構成において、光学位相差補償板8と光学位相差補償板9を通過した後の入射光を、可視光波長領域で概ね円偏光にする。即ち、左回りまたは右回りのどちらの円偏光になるかは、1枚の偏光板と2枚の光学位相差補償板の光学素子の配置に依存する。そこで、図2に示すように、第1の光学位相差補償板8と第2の光学位相差補償板9の位相差が、それぞれ135nmと270nmとなるように配置した場合について説明する。ただし、液晶表示装置の入射光の方位から観察した場合である。図2において、 $\theta 1$ （偏光板透過軸方位12と第1の光学位相差補償板の遅相軸方位13のなす角度） $= 75^\circ$ 、 θ

2（偏光板透過軸方位12と第2の光学位相差補償板の遅相軸方位14のなす角度） $= 15^\circ$ となるように配置した場合、液晶表示装置に入射した光は、偏光板10と光学位相差補償板9および光学位相差補償板8を通過して、入射光は可視光波長領域で概ね右回り円偏光となる。

【0047】また、図3に示す3枚の光学位相差補償板を有する液晶表示装置の構成において、第1の光学位相差補償板8、第2の光学位相差補償板9および第3の光学位相差補償板11との位相差がそれぞれ、135nm、270nm、270nmとなるように配置した場合について説明する。その設置角度は図4に示すように、 $\theta 1$ （偏光板透過軸方位12と第1の光学位相差補償板の遅相軸方位13のなす角度） $= 100.2^\circ$ 、 $\theta 2$

（偏光板透過軸方位12と第2の光学位相差補償板の遅相軸方位14のなす角度） $= 34.2^\circ$ 、 $\theta 3$ （偏光板透過軸方位12と第3の光学位相差補償板の遅相軸方位15のなす角度） $= 6.5^\circ$ となるように配置した場合、液晶表示装置に入射した光は偏光板10と光学位相差補償板9、光学位相差補償板8、光学位相差補償板11を通過して、2枚の光学位相差補償板を用いる場合よりも、さらに広帯域な波長で円偏光になる。

【0048】光学位相差補償板8、光学位相差補償板9と光学位相差補償板11は、主にポリカーボネート製の延伸フィルムからなり、光学位相差補償板8は波長550nmの面法線方向の透過光に対して130nmから140nmに制御された位相差を持ち、光学位相差補償板9と光学位相差補償板11は同様の光に対して265nmから275nmに制御された位相差を持つ。これらの位相差補償板は、液晶層1と共に、傾斜方向からの観察者による特性を考慮して設計変更も可能である。例えば、本実施例の設定角度を成立させつつ、傾斜方位の透過光に対する光学位相差補償板8、9、11に対する設計としては、光学位相差補償板8、9、11の少なくとも1枚を、二軸性の光学位相差補償板に変更することで可能である。

【0049】液晶層に入射した入射光は、印加された電圧に対応して配列した液晶層の複屈折にしたがって、偏光状態を変化させて反射板に到達する。反射板上での偏光状態は液晶配向によって異なる状態に実現される。

【0050】まず、暗状態の動作について説明する。垂直配向した基板間にカイラルネマティック液晶を挟持すると、ある条件下において、液晶分子はツイストせずに垂直配向する。そして、液晶層の厚さを、液晶の自然ピッチをpとすると、理論的な解析により、dとpが式(1)を満足する場合、垂直配向性を示すことが解っている。液晶のピッチには左回りと右回りがあり、ここでは左回りを-、右回りを+の符号で表す。従って、d/pの値は、正負両方の場合が有り得るので、以下のように絶対値で表すことにする。

【0051】

$$|d/p| < K3 / (2 * K2) \quad \dots (1)$$

ここで、K2、K3はフランクの弾性定数である。液晶材料のK2およびK3の物性値から判断すると、K3/K2は一般的に2付近の値をとることが知られているので、結局、 $|d/p| < 1$ を満たす必要がある。

【0052】上記式(1)を満足した場合、液晶分子は垂直配向するので、装置の法線方向に進む光に対して複屈折を持たない。そのため、円偏光をこの液晶層に入射すると、その入射光は液晶層での偏光状態の変化はなく、反射板に到達する。反射板では、逆回りの円偏光となり、偏光板で遮光されるため、暗状態が実現する。この暗状態を可視波長領域全域で、成立させた場合に黒表示が実現する。

【0053】また明状態を実現するには、電圧印加により、ツイストする液晶層が必要であることが解った。

【0054】そして、上記円偏光状態を、実質的に可視波長領域で実現するために、本発明者らは次のような条件が必要であることを鋭意検討の結果、見出した。すなわち、光学位相差補償板8は、主たる可視光波長域であ

る400nmから700nmの光に対して、 $1/4$ 波長*

$$35^\circ \leq |2 \times \theta 3 - \theta 2 + \theta 1| \leq 55^\circ \quad \dots (3)$$

の条件を満足するように設定された場合、2枚の光学位相差補償板を用いた場合よりも広波長範囲で、円偏光が得られることを見出した。

【0057】次に、表示動作について説明する。式

(2)あるいは式(3)のように設定された光学位相差補償板によって、円偏光となった入射光を、反射板上で直線偏光にする事によって明状態が実現するが、この時の直線偏光の光電界の方位は、反射板平面内で任意である。つまり、可視波長の光が、波長によって異なる方位の直線偏光になっていても、あるいはすべて同じ方位の直線偏光になっていても、同様に明るい明状態が実現する。

【0058】特に、前記暗状態を実現するために概ね円偏光にした液晶層への入射光を、可視波長範囲で任意の方位の直線偏光にするような液晶層の光学的作用を実現することが重要である。また、本願では、液晶層として誘電率異方性が負のものをを用いているので、電圧印加に伴い、液晶分子は基板に対して平行に配向するようになる。この場合、前述したように液晶にカイラル性を付与しているので、完全な垂直配向でなく、数度のプレチルトを形成することも可能である。

【0059】本発明による反射型液晶表示装置は、上記のようなしくみでスイッチングされるので、ある決まつ※

$$FOM = 1 - \{ (|C+ \cdot MC+|)^2 - (|C- \cdot MC+|)^2 \} / |MC+|^2$$

$$= 1 - |S3|$$

*だけの位相差を与えることの出来る位相差、すなわち、リターデーションで100nmから180nmを有するものであって、光学位相差補償板9は、同様の範囲の可視光波長域に対して、 $1/2$ 波長だけの位相差を与えることの出来る位相差、すなわち、リターデーションで200nmから360nmを有するものであって、図2に示す偏光板と光学位相差補償板の配置において、

$$35^\circ \leq |2 \times \theta 2 - \theta 1| \leq 55^\circ \quad \dots (2)$$

の条件を満たせば良い。この条件を満たす範囲で $\theta 1$ 、 $\theta 2$ の各値を変更可能であることは言うまでもないが、その具体的な値は、用いる光学位相差補償板2枚の複屈折の波長分散の組み合わせによって決定するのが望ましい。

【0055】電圧無印加状態の時、垂直配向した液晶層の複屈折量はほぼ0となり、液晶層の作製精度に大きくは依存しないため、液晶層の作製・製造が容易である。

【0056】さらに図4に示す3枚の光学位相差補償板の配置で、前記偏光板の透過軸（あるいは吸収軸）と前記第1、第2、第3の光学位相差補償板の遅相軸のなす角度をそれぞれ $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ とするとき、

※た液晶表示装置の光学配置を評価するためには、液晶層への円偏光の入射に対して、反射板上での偏光状態を評価することで十分であることがわかった。そこで、発明者らは次のような評価関数を見いだした。

【0060】ここで、偏光状態を解析するにあたり、光電界の進行方向に垂直な2成分をベクトルで記述し、伝播媒体を 2×2 の行列で記述するJonesマトリクス法による形式による形式で記載する。

【0061】任意の振動方位の直線偏光は右回り、左回りの同一の振幅の円偏光の一次結合で記述できる。振幅が異なる場合は一般には楕円偏光になり、右または左のどちらか一方の円偏光の成分のみときに円偏光になる。このため、液晶からの出射光の左右の円偏光の成分（一般には複素数）の絶対値を求め、その値が左右で等しければ直線、異なっていれば楕円（円も含む）となる。

【0062】このため、液晶のJonesマトリクスをM、入射する（規格化された振幅）円偏光をたとえば右回りに選んで、それを+のサフィックスで表し、C+とすると（C-は左回りとする）、評価関数（Figure of Merit）として適当なのは、

【0063】

【数1】

$$\dots (4)$$

【0064】ただし、S3は液晶層に円偏光を入射させて出射した光の規格化したストークスパラメータの関数である。

【0065】本発明における以下の説明では、これを評価関数とする。式(4)は、液晶から出射した偏光(MC+)のC+成分とC-成分の内積をとることによって求め、その複素数の絶対値の2乗(つまり振幅)の差を評価し、これらが等しい場合(つまり、直線偏光が出射される場合)には、右辺第二項が0になり、FOM=1となる。また、FOM=0となるのは、右辺第二項が1

となり円偏光が出射する場合である。

【0066】液晶層は電圧無印加状態で垂直配向するので、この場合には円偏光入射すると、反射は必然的に円偏光となり、良好な暗表示が実現される。一方、電圧印加状態にて明表示を実現するには、円偏光入射して液晶層を通過後、直線偏光に変換され、出射される必要がある。この条件を満たす液晶層は印加電圧、液晶層のツイスト角、リターデーションなどにより、数々の条件が存在する。

【0067】そこで、本願発明者らは、鋭意検討の結果、印加電圧、ツイスト角、リターデーションの相関関係を調べ、最適な条件を見いだした。すなわち、液晶の上下基板間のツイスト角(横軸)と $\Delta n \cdot d$ (リターデーション)の空間で、式(4)のFOMの値を、0~1の間で0.1毎に区切ってプロットした結果を、図5乃至図8に示す。該図では、印加電圧2.5V、3.0V、3.5V、4.0Vの各々における上記評価関数FOMを、可視光の中心波長である550nmの光に対する結果として表記している。

【0068】図5乃至図8の0~0.1の範囲は、入射した円偏光が液晶層通過後に円偏光となり、明表示が実現できない。一方、図5乃至図8の0.9~1.0の範囲では、入射した円偏光が液晶層通過後に直線偏光となり、良好な明状態を実現できることを示す。

【0069】また、印加電圧2.5V、3.0V、3.5V、4.0Vと変化させると、最適な条件が変化することもわかる。これは、ドライバーの駆動電圧や駆動方式を考慮して、自由に設定できる。例えば、単純マトリックス駆動のように、急峻性が要求される場合には、より低電圧の条件に設定すれば良い。アクティブマトリックス駆動する場合には、階調特性が良好になるように駆動電圧を調整できる。

【0070】ただ、上記図5乃至図8に示したのは一例であり、液晶材料物性(誘電率異方性、弾性定数)やチルト角の大きさにより、最適条件は若干シフトすることを確認している。そのため、用いる液晶や配向膜の種類により、最適な条件に設定する必要がある。

【0071】ここで、基準とした緑(550nm)色以外の他の色について、同様にFOMをプロットすると、この図の横軸(ツイスト角)を変えずに、 $\Delta n \cdot d$ の軸

を伸縮させたものがプロットできることを確認している。つまり、FOMの値が大きい曲線状の「峰」の領域(図中、網掛にて示す)のうち、別の波長の光に対しても同様に大きな「峰」が得られる領域では、緑以外の波長の光に対しても良好な条件となることを意味する。このため、FOMの「峰」が図の縦軸方位に伸びているところ、つまり $\Delta n \cdot d$ 依存性が小さいところを用いると、表示の波長依存性が少なく、色付きの無い良好な白表示が実現でき、望ましいことが判った。このように、本発明者らは限られた条件を満たした場合にのみ、良好な表示を示すことを見出した。

【0072】本発明者らは、明状態の作用を実用上十分な範囲、つまり、可視波長域での十分な明度が確保でき、かつ、容易かつ高歩留まりに製造可能な液晶表示装置にあわせた液晶組成物の開発が可能な範囲を見出した。その具体的条件は、液晶の自然ピッチをp、液晶層厚をdとした場合に、 $|d/p| \leq 1$ であり、液晶層の $\Delta n \cdot d$ が200nmから1200nmである。さらに好ましくは、 $1/6 < |d/p| < 1$ の条件を満たし、液晶層のリターデーション($\Delta n \cdot d$)値が300nmから800nmの範囲である。

【0073】また、電気光学効果に急峻性が要求される単純マトリックス駆動を考慮した場合には、ツイスト角は120度から170度、かつ、液晶層のリターデーション($\Delta n \cdot d$)が500nmから1200nmの範囲が最適である。これらの好適な条件は、たとえば液晶層の厚みを4.5 μ m以上に設定する液晶表示装置の作製条件を用いても、液晶の Δn は0.07程度の実用的な液晶材料によって実現可能であり、高い実用性の液晶表示装置が製造できる。

【0074】以下、本発明の上記条件による実施形態を以下に示すが、本発明の範囲がこれら実施形態に限定されるものではない。

<実施形態1>実施形態1として、上下の基板の間で、液晶の配向処理方向のなす角度が110度になるようにラビング処理を行った反射型液晶表示装置を示す。液晶層のリターデーションを350nmに設定し、135nmと270nmの光学位相差補償板を1枚ずつ用いた例である。

【0075】図1に示す反射型液晶表示装置を、一般的な作製工程により作製した。基板5上の電極7は、アルミニウムを用い、光反射性電極とした。電極7は反射膜と電極の機能を兼ね備えている。液晶層厚は4.7 μ mになるよう調整され、上下基板の間の配向処理方向のなす角度が、110度になるようにラビング配向方向を設定する。配向膜にはポリイミド系の垂直配向膜を用い、ラビングすることによりチルト角を形成した。なお、チルト角は法線方向から2度傾斜している。本実施例では、上下の基板ともラビング処理したが、一方の基板の処理のみで、均一な配向が得られることを確認してい

る。さらに、両方の基板ともラビング処理しない場合にも配向するが、配向の均一性は劣る。

【0076】本発明に使用できる配向膜は、液晶層に含まれる液晶分子を絶縁性基板に対して垂直に配向させる膜、即ち垂直配向膜である。垂直配向膜は前記性質を有するものであれば公知のものをいずれも使用することができる。例えば、長鎖アルキル基がポリイミド骨格に結合した構造を有する材料が挙げられ、具体的にはJALS-203（日本合成ゴム社製）、SE-7511L（日産化学社製）等のポリイミド系樹脂などを挙げることができる。

【0077】配向膜の厚さは、0.05～0.1 μ m程度である。配向膜の形成方法としては、例えば、ポリマーを溶かした溶液をスピナー塗布法、浸漬塗布法、スクリーン印刷法、ロール印刷法等で塗布し、乾燥させて形成する方法が挙げられる。また、ポリマーの前駆体溶液を、前記と同様の方法により塗布し、所定の硬化条件（加熱、光照射等）で硬化させて形成する方法も使用することができる。更に、ラングミュアプロジェクト法で形成することも可能である。

【0078】液晶層に使用できる液晶としては、負の誘電異方性（n型）を有するネマティック液晶なら特に限定されない。例えば、ZLI-2857、ZLI-4788、ZLI-4788-000（メルクジャパン社製）等を挙げることができる。また、液晶層の厚さは、3～12 μ mが好ましい。

【0079】カイラルドーパントを液晶に添加することにより、液晶層のピッチを所望の値に調整することができる。カイラルドーパントとしては、公知のものをいずれも使用することができ、例えばS-811（メルクジャパン社製）、コレステリルナノエート等を挙げることができる。なお、液晶電気光学装置の使用温度範囲が広範囲になる場合は、ヘリカルツイスティングパワーの温度依存性が正負逆のカイラルドーパントを使用してもよい。このようなカイラルドーパントとしては、例えばS-1011（メルクジャパン社製）等が挙げられる。本実施形態では、液晶材料として、誘電率異方性が負であるメルク社のZLI-2857を用い、カイラルドーパントとしてメルク社のS-811を添加した。ZLI-2857の Δn は0.074であるので、 $\Delta n d$ は350nmに設定した。これらの具体的設定は図9に示すように作製した。ここで、12は偏光板の透過軸方位であり、13と14は第1及び第2の光学位相差補償板の遅相軸方位であり、16と17はそれぞれ基板4と基板5上に形成された垂直配向膜2および垂直配向膜3上の液晶配向の方位で、液晶表示装置の入射光の方位から観察した場合である。尚、入射側の液晶分子と偏光板の為す角度は本実施形態では30度に設定したが、液晶層には円偏光を入射するため、特にその角度限定はなく、どの値でも良い。

【0080】液晶のピッチpと液晶層厚のdの比であるd/pの値を0.30に設定しているため、初期状態で液晶分子はツイストすることなく垂直配向する。光学位相差補償板8と9はともにポリカーボネイト製の延伸フィルムからなり、8は波長550nmの面法線方向の透過光に対して、130nmから140nmに制御された位相差を持ち、9は同様の光に対して265nmから275nmに制御された位相差を持つ。これらの光学位相差補償板の配置は、作製後の液晶表示装置の正面方位に対する光学特性を良好にする配置であるが、液晶層と合わせて傾斜方位からの観察による特性を考慮して設計変更も可能である。

【0081】たとえば、図9に示す設定角条件を成立させつつ、傾斜方位への透過光に対する該光学位相差補償板の位相差を変化させる設計は、光学位相差補償板8と9の少なくとも1枚を二軸性の光学位相差補償板に変更する事で可能である。あるいは、式（4）の範囲内で角度設定を変更できることは言うまでもない。偏光板10は、誘電体多層膜によるAR層を有する単体内部透過率が45%の偏光板である。

【0082】上記の条件にて作製された液晶表示装置の反射率の電圧依存性を示すグラフを図10に示す。この反射率の測定には、図11に示すように、本実施例の反射型液晶表示装置に電圧を印加する手段を駆動させ、照明光源装置からの光をハーフミラーを介して基板4側から入射させ、基板5上の光反射膜からの反射光を光検出器にて検出したものである。そして、図10において、反射率100%は、光学位相差補償板を用いずに、被測定装置と同様の偏光板のみを用いた以外は本実施形態と同じ液晶表示装置を用い、液晶未注入の装置における反射率である。また、反射率は、視感輝度率（Y値）を用いた。

【0083】図9に示す結果から、3V以下の駆動電圧で、明るさ90%、コントラスト20の良好な表示特性が得られることがわかった。また、反射率の波長依存性を測定したところ、ほぼフラットな特性が得られ、色付きの無い良好な白黒特性が得られた。

【0084】本実施形態では、ラビングして液晶の配向方向を規定したが、ラビング処理を行わない垂直配向を適用した場合、均一性は若干劣るが、同様な表示特性が得られることを確認している。

【0085】＜実施形態2＞実施形態2として、上下基板の配向処理方向のなす角度を120度、液晶層のリターデーションを300nm、光学位相差補償板として3枚（135nm、270nm、270nm）用いた反射型液晶表示装置について示す。

【0086】図3に示す液晶表示装置を通常の作製工程により作製した。基板5上の電極7はアルミニウムを用いた光反射性電極とした。液晶表示装置は、液晶導入後に液晶層厚が4.5 μ mになるよう調整され、上下基板

の方向処理方向のなす角度が120度に設定され、液晶は通常のTFT透過型液晶ディスプレイに使用されている液晶と同様の液晶物性（誘電異方性、弾性、粘性、温度特性、電圧保持特性）を有しており、 Δn のみ0.0667に調整されたものを用い、液晶層厚と複屈折量の積を300nmになるように設定した。

【0087】3枚の光学位相差補償板はともにポリカーボネイト製の一軸性の延伸フィルムからなり、光学位相差補償板8は波長550nmの面法線方向の透過光に対して130nmから140nmに制御された位相差を持ち、光学位相差補償板9と11は同様の光に対して265nmから275nmに制御された位相差を持つ。偏光板10は、誘電体多層膜によるAR層を有する単体内透過率が45%の偏光板である。

【0088】上記液晶表示装置の反射率は実施形態1のものと同様に、図11に示す配置にて測定されたもので、100%は実施形態1と同様である。以上のように、作製された実施形態2の液晶表示装置の電圧反射率特性は、明状態の明るさ95%、コントラスト比25の良好な表示特性が得られ、目視観察においても良好な反射型液晶表示装置であった。なお、コントラスト比は明状態（印加電圧は各例ごとに最も反射率の高い電圧）の反射率を、暗状態の反射率で除して定義した。明状態の印加電圧は各例ごとに最も反射率の高い電圧を用い、暗状態は、電圧無印加状態に設定した。

【0089】上記のように、実施形態1と比較すると、実施形態2のように3枚の位相差補償板で円偏光を作製した方が、コントラストが向上することを確認した。

【0090】＜実施形態3＞実施形態3として、上下の基板の配向処理方向のなす角度が150度になるようにラビング処理を行い、液晶層のリターデーションが940nmであり、135nmと270nmの光学位相差補償板を1枚ずつ用いたものを示す。

【0091】液晶としては、誘電率異方性が負のネマティック液晶であるZLI4850（ Δn : 0.208、メルクジャパン社製）にカイラル液晶としてCN（コレステリルナノエート）を添加し、カイラルピッチを10.8 μ mに調整し、セル厚4.5 μ mの液晶層として挟持した。液晶層のリターデーション $\Delta n d$ は1000nmとなる。

【0092】上記の液晶表示装置の上基板上に、図9に示すように、実施形態2に示した2枚の光学位相差補償板と偏光板を配置し、本発明の液晶表示装置を作製した。この液晶表示装置を1/480デューティで単純マトリックス駆動したところ、コントラスト10の良好な表示が得られた。

【0093】本実施形態に限らず、液晶層のリターデーション $\Delta n d$ が500nmから1200nm、上下の基板での配向方向のなす角度が80度から170度の領域では電気光学特性の急峻性が高く、単純マトリックス駆

動が可能であることを確認している。

【0094】＜実施形態4＞実施形態4として、アクティブマトリクス方式による駆動方式と滑らかな凹凸形状を有する反射板を用いたものを示す。図12は本実施形態による液晶表示装置の構成断面図である。

【0095】液晶表示装置18は、第1の基板5と透明なガラスによる第2の基板4を備え、第1の基板5上にはアクティブ素子としてTFT素子19が各画素に形成されている。TFT素子19や駆動用配線（不図示）上には層間絶縁膜20が形成され、TFT素子19のドレイン端子（不図示）と反射性画素電極21とはコンタクトホールを介して電気的に接続される。画素電極21上には、配向膜3が100nm厚だけ形成されている。

【0096】ここで、反射性画素電極21は、たとえばアルミニウム、ニッケル、クロム、銀や、それを用いた合金などの金属材料が使用でき、光の反射性を有する反射性金属膜として作用させる。反射性画素電極21の形状は、コンタクトホールの部分を除くと滑らかな凹凸形状を有しており、金属反射面が鏡面になることを防止している。この際に凹凸形状の上でも垂直配向は実現されており、凹凸形状の配向への影響は問題ないことは確認されている。

【0097】次に、その形成方法についてさらに詳細に説明する。前記TFT素子19および駆動用配線（不図示）を形成した基板5に、感光性樹脂材料からなる大突起22および小突起23をそれぞれ多数形成した。大突起22および小突起23は底部直径D1、D2の円形のパターンをフォトリソグラフィーの技術によって多数形成した。D1、D2は、それぞれ例えば5 μ mと3 μ mに設定されている。また、これらの間隔D3は少なくとも2 μ m以上に設定されている。これらの突起の高さは感光性樹脂材料の形成時の膜厚により制御でき、たとえば1.5 μ mに作製し、その後の露光工程、焼成工程により、なだらかな突起に形成した。

【0098】前記突起22、23を被覆し、これら突起22、23の間の平坦部を埋めるべく、同様の感光性樹脂材料で平滑化膜24を形成した。平滑化膜24の表面は、突起22、23の影響を受けて、滑らかな曲面状に形成され、目的の形状が得られた。なお、前記コンタクトホール部には突起および平滑化膜のどちらも形成されないように作製している。

【0099】以上のような構造を持ったTFT素子基板25により、画素電極が反射板を兼務して液晶層の近くに配置されて視差を生じるものがない。また、液晶層を通過し反射性画素電極21によって反射される光がTFT素子19や素子駆動用配線（不図示）部分のために損なわれることのない、いわゆる開口率の高い明るい反射型液晶表示装置を実現可能とした。

【0100】一方、前記TFT素子基板25とともに用いるもう一方の基板には、反射方式に合わせて高光度化

されたカラーフィルタ 26 を配置した。このカラーフィルタには、各画素間に色の混合を防止し、画素電極間の電圧未印加部や電界乱れに伴う暗表示での反射光のものを防止するブラックマトリックス 27 を配している。ブラックマトリックス 27 に入射する光は、ここで既に概ね円偏光になっており、ブラックマトリックス 27 による反射光は、出射時に再度光学位相差補償板の作用を受け偏光板に吸収されるため、低コストの金属膜等を用いてもブラックマトリックス 27 が反射光を生じて視認性を悪化させることはなかったが、さらに低反射処理を行うとより高コントラストな表示に好適であるであることは言うまでもない。

【0101】このカラーフィルタ上に、透明電極 6 として ITO (Indium Tin Oxide) をスパッタリングによって形成し、140nm 厚の所望のパターンを有する画素電極 21 の対向電極 6 を形成し、さらに配向膜 2 を形成し、カラーフィルタ基板 26 とした。なお、透明電極 6 が 140nm 厚以外の厚さであっても、入射光が透明電極 6 の膜厚の干渉効果で液晶層 1 に到達することなく反射する光は、光学位相差補償板 8 と 9 と偏光板 10 によって吸収されるため、暗状態には影響なく、視認性を損なわない。

【0102】また、カラーフィルタ 27 は、偏光板を利用した高コントラスト表示モードに適した明度になるように適正に設計され、ブラックマトリックスの開口率が 90% の場合に、カラーフィルタ基板 28 の透過率は Y 値で 50% であった。

【0103】このように準備された TFT 素子基板 25 とカラーフィルタ基板 28 に、ラビング法によって垂直配向膜に配向処理を施し、液晶層厚保持用プラスチックスペーサー (不図示) の散布、周縁部のシール配置工程を経て、対向配置し、位置合わせのうえ加圧下にて硬化させて封止し、液晶注入用液晶セルを準備した。そして、液晶層 1 には、誘電異方性 $\Delta\epsilon$ が負である液晶材料を真空注入法にて導入した。

【0104】次に、液晶表示装置の方位について詳述する。以下、装置に正対する観察者の上下左右方向を時計の文字盤の向きで、上方位を 12 時方位として記載する。前記カラーフィルタ基板 28 の液晶層 1 と反対側には、ポリカーボネイト製の延伸フィルムからなる光学位相差補償板 8 と 9 が設けられ、さらにその上には、偏光板 10 が配置されている。すなわち、図 9 に示すように、2 枚の光学位相差補償板 13 と 14 と、偏光板 12 を配置し、本発明の液晶表示装置を作製した。

【0105】カラーフィルタ基板 28 上の配向膜の配向処理方位 16 は装置の 3 時方位になるように作製している。液晶層は液晶導入後に 4.0~5.0 μm の層厚になるよう調整された液晶層を用い、液晶は Δn が 0.07 付近のものをを用い、液晶層厚と複屈折量の積を概ね 350nm になるように設定した。液晶層の層厚は、反射

性画素電極 21 の凹凸形状のため、位置によって異なる値をもつ。さらに、液晶表示パネルの周囲に駆動用回路を実装し、液晶表示装置とした。

【0106】本実施形態の反射型液晶表示装置では、反射性画素電極 21 が液晶層の近くに配置されているので、視差がなく、良好な高解像度表示が実現した。反射光は、反射性電極に付与した凹凸形状のため、観察者の顔が写り込むことがなく、良好な白表示を実現し、散乱性を有するものが液晶表示装置の前面に配置されないため、良好な暗状態を示し、それらのため、高コントラスト比の表示が得られた。標準白色板に対する明状態の明るさは 30%、コントラストは 15 を確認している。視野角特性にも優れ、表示の反転は見られなかった。

【0107】また、高明度のカラーフィルタを使用したため、偏光板を利用した表示であっても十分な明度が確保でき、暗状態の反射率が低いために、この暗状態に選択された色要素による反射光が、明状態に選択された色要素の反射光に影響して色純度が悪化するということが無く、高明度のカラーフィルタで彩度が低いにもかかわらず、カラーフィルタ 26 の色再現範囲を損なうことのない良好な色再現性であった。

【0108】また、各画素に印加される電圧が、暗状態と明状態との中間状態に設定されることによって、中間調の再現にも問題無く、従って、カラーフィルタの各色の中間色彩の表現にも問題無かった。また、実際の駆動においても応答速度は動画再現に問題無いことを確認した。さらに、周囲環境の温度が変化した場合でも暗状態の反射率は変わらず、良好な温度特性を示した。

【0109】以上のように、多階調表示可能で、動画表示の可能な、良好な色再現範囲を確保した反射型液晶表示装置が実用的な手法によって作製された。

【0110】本実施形態では、薄膜トランジスタ (TFT) 方式による駆動を記載したが、特に限定されず、MIM (Metal Insulator Metal) を利用したアクティブマトリクス方式等を使用することができる。また、TFT は、アモルファスシリコン TFT、ポリシリコン TFT、単結晶シリコン TFT のいずれも使用することができる。

【0111】また、実施形態 3 のように液晶のリターデーションを大きい値に設定すれば、凹凸反射板を用いた場合でも単純マトリクス駆動が可能であった。このようになめらかな凹凸上でも垂直配向性は良好であり、ラビングしても均一な配向性を確認している。また、凹凸基板側では特にラビング処理をしなくても、良好な配向性を確認している。

【0112】＜実施形態 5＞実施形態 5 として、面内に異方性を有するような凹凸反射板を作製することによって明度の向上を図り、さらにその明度の高い方位に液晶変調層の傾斜視角の良好な方位を向けたものを示す。実施形態 4 の液晶表示装置において作製した凹凸形状を異

10

20

30

40

50

なるパターンで、かつ、反射性電極の形成された平面内の方位によって異なるように作製した。例えば、図 13 に示すように、凹凸形状は円形ではなく楕円形のものを作製した。

【0113】そして、この凹凸反射板のみの反射特性を図 14 のような光学測定配置で、つまり、照明光を 30° 傾斜方位から入射させ、反射板面の法線方位に向かう反射光強度を、その光源を回転させ反射の異方性を測定した。

【0114】その結果、図 15 に示すような反射特性が得られた。即ち、特定の方位からの光を効率よく液晶表示装置正面に向けていることが確認された。ただし、液晶材料の屈折率が空気とは大きく異なっていることを考慮し、測定に際しては反射板面に屈折率 1.53 のインマージョンオイル（マッチングオイル）を滴下し、その上から透明なガラス板を貼付して測定している。また、測定値は、100% が MgO の標準拡散板（標準白色板）を同様に測定した場合の値になるよう換算した。曲線 1 は本実施形態の異方性拡散性反射板の測定換算値であり、曲線 2 は実施形態 4 で用いた拡散性反射板の同様の測定換算値である。

【0115】この結果、図 13 に示す凹凸形状の平均周期の長い X の方位と平均周期の短い Y の方位に明度の差がある事を見出した。楕円形以外の形状においても同様の検討の結果、凹凸形状の平均周期が短い方位より照明した場合に、反射光明度が高くなるという関係は変わらなかった。

【0116】配向処理方位と、偏光板および光学位相差補償板の貼付方位は、図 9 と同様になるように、液晶表示装置を作製した。このような凹凸形状の反射板を持つ反射型液晶表示装置を、反射板作製の凹凸形状パターン作製工程以外は実施形態 3 と同様に作製した。そして、この液晶表示装置を目視観察したところ、正面方向の観察者にとって明度の高い表示が実現され、異方性凹凸の明度向上効果が発現した。この時、反射明度が高いのは、12 時方位と 6 時方位から照明光が入射した場合であった。さらに、正面方位から照明し、傾斜方位からの観察においても、同様に 12 時方位と、6 時方位で明度が高かった。

【0117】なお、本発明の液晶表示装置の主たる使用環境にあわせて本実施形態で用いた異方性凹凸形状の方位を他の方位に設定することも可能である。

【0118】＜実施形態 6＞実施形態 6 として、本発明の反射型液晶表示装置の主な利用分野である携帯機器における情報入力手段としてのタッチパネル（感圧式入力装置）を用いた場合の実施形態について説明する。図 16 にタッチパネル 33 の構成概略図を示す。タッチパネル 33 は可動基板 29 および支持基板 30 とともに複屈折を持たないものを用いている。ここで、31 と 32 は、押圧位置検出用透明電極である。

【0119】タッチパネルを用いた第 1 の構成例（以下、構成例 6 1 と称す）として、図 16 に示す断面構造を有するタッチパネル 33 を実施形態 3 の液晶表示装置の前面に配置したものを、図 17 に示す。

【0120】タッチパネルを用いた第 2 の構成例（以下、構成例 6 2 と称す）として、図 16 に示す断面構造を有するタッチパネル 33 の可動基板 27 上に光学位相差補償板 8 と 9 と偏光板 10 を貼付し、これを偏光板および光学位相差補償板の貼付されていない実施形態 3 と同様の液晶表示装置の前面に配置したものを図 18 に示す。

【0121】この時、液晶層の配向と偏光板、光学位相差補償板の配置は、図 9 に記載したように配置し、タッチパネル以外の構成は同様であった。また、タッチパネルの支持基板 30 と液晶表示装置の基板 4 の間隙を一定に保つことによって押圧力伝達防止効果を持たせるべく、空隙 34 を設け、押圧力緩衝部材を用いることなく軽量にタッチパネルへの押圧力が基板 4 に伝わらないよう構成した。

【0122】タッチパネルは、構成例 6 1 と構成例 6 2 を比較したところ、構成例 6 1 ではタッチパネルでの反射光成分は直接観察されて大きく視認性を劣化させた。この反射光は、押圧位置検出用透明電極 29 と 30 に挟持された空隙によるものだけではなく、タッチパネル支持基板 30 と偏光板 10 に挟持された空隙によっても生じていた。

【0123】一方、構成例 6 2 では、その反射光成分はまったく観察されず、タッチパネルを用いない場合と同様の非常に良好な表示を示した。タッチパネルの押圧位置検出用透明電極 31 と 32 に挟持された空隙によるものも観察されず、さらに押圧力伝達防止用空隙 34 とタッチパネル支持基板 30、および液晶表示装置の基板 4 の界面による反射も観察されず、押圧力緩衝部材が不要で軽量な、かつ、表示装置が入力装置の反射防止手段によるところの円偏光状態を有効に表示に利用できる、入力装置一体型反射型液晶表示装置が作製できた。

【0124】さらに、図示していないが、構成例 6 2 のタッチパネルの可動基板 29 を省略し、光学位相差補償板 8 の液晶層側に透明電極 31 を直接配置して、より簡便かつ軽量な構成も可能であった。

【0125】以上述べた実施形態では光学位相差補償板として、一軸性の延伸フィルムを用いたが、二軸性、すなわち三次元的に屈折率を制御できる位相差フィルムや液晶ポリマーから作製した位相差フィルムが適用でき、この場合には視野角が拡大できることを確認している。

【0126】

【発明の効果】上述したように、本発明による液晶表示装置では、反射率が高く、かつ、コントラストが高い反射型液晶表示装置を得ることができた。さらに、反射板の反射膜形成面を透明基板の液晶層側に設置することが

でき、良好な暗状態を実現できる。よって、視差のない、高コントラストの高精細で動画表示が可能である。液晶層がツイストしているため、視野角特性に優れている。

【0127】また、本装置に高明度に調整されたカラーフィルタを用いれば、良好な色再現性を有した表示品位の高いカラー反射型液晶表示装置を実現することができる。また、本発明の反射型液晶表示装置にタッチパネルを付加する場合に、偏光板と位相差板を用いて反射防止手段を施されたタッチパネルの偏光状態を有効に利用可能な高品位の入力装置一体型液晶表示装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1の反射型液晶表示装置の構造断面図である。

【図2】実施形態1の反射型液晶表示装置の偏光板と光学位相差補償板の設定方位を示す平面図である。

【図3】実施形態2の光学位相差補償板を3枚用いた反射型液晶表示装置の構造断面図である。

【図4】実施形態2の反射型液晶表示装置の偏光板と3枚の光学位相差補償板の設定方位を示す平面図である。

【図5】評価関数（FOM）による、電圧2.5Vにおけるリターデーションとツイスト角の関係図である。

【図6】評価関数（FOM）による、電圧3.0Vにおけるリターデーションとツイスト角の関係図である。

【図7】評価関数（FOM）による、電圧3.5Vにおけるリターデーションとツイスト角の関係図である。

【図8】評価関数（FOM）による、電圧4.0Vにおけるリターデーションとツイスト角の関係図である。

【図9】光学位相差補償板を2枚用いた時の偏光板と光学位相差補償板の設定方位を示す平面図である。

【図10】実施形態1と実施形態2の反射型液晶表示装置における反射率と印加電圧の関係図である。

【図11】実施形態1と実施形態2の反射型液晶表示装置における反射率測定のための光学系配置図である。

【図12】実施形態4のアクティブマトリクスを組み合わせた反射型液晶表示装置の構造断面図である。

【図13】実施形態5の異方性凹凸反射板の構造を示す平面図である。

【図14】実施形態5の異方性凹凸反射板のみの反射特性を測定のための光学系配置図である。

【図15】実施形態3と異方性凹凸反射板を用いた実施形態5の反射板のみの反射特性を反射光強度と照明光源

の方位角 Φ とで示す関係図である。

【図16】実施形態6のタッチパネル一体型液晶表示装置におけるタッチパネルの構造断面図である。

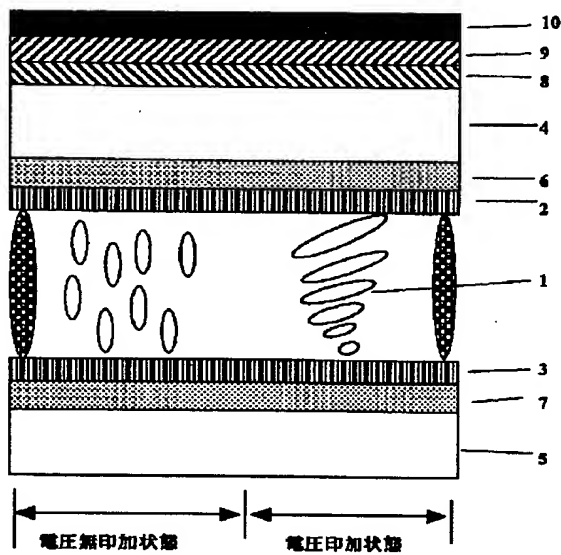
【図17】実施形態6のタッチパネル一体型液晶表示装置において、タッチパネルを液晶表示装置の前面に配置した構成例61の構造断面図である。

【図18】実施形態6のタッチパネル一体型液晶表示装置において、タッチパネルを液晶表示装置の中に埋め込んだ構成例62の構造断面図である。

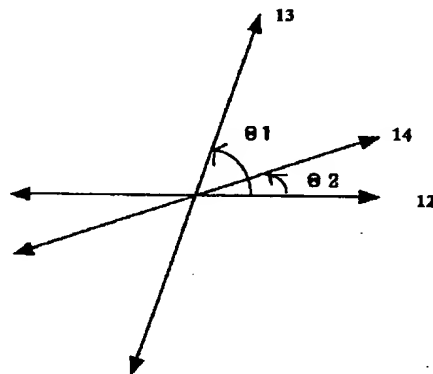
【符号の説明】

- 1 液晶層
- 2、3 垂直配向膜
- 4 第2の基板
- 5 第1の基板
- 6 電極
- 7 反射性電極
- 8 第1の光学位相差補償板
- 9 第2の光学位相差補償板
- 10 偏光板
- 11 第3の光学位相差補償板
- 12 偏光板透過軸方位
- 13 第1の光学位相差補償板の遅相軸方位
- 14 第2の光学位相差補償板の遅相軸方位
- 15 第3の光学位相差補償板の遅相軸方位
- 16 第2の基板上の液晶配向の方位（配向処理方向）
- 17 第1の基板上の液晶配向の方位（配向処理方向）
- 18 実施形態3に記載の反射型液晶表示装置
- 19 TFT素子
- 20 層間絶縁膜
- 21 反射性画素電極
- 22 大突起
- 23 小突起
- 24 平滑化膜
- 25 TFT素子基板
- 26 カラーフィルタ
- 27 ブラックマトリクス
- 28 カラーフィルタ基板
- 29 タッチパネルの可動基板
- 30 タッチパネルの支持基板
- 31、32 押圧位置検出用透明電極
- 33 押圧感知入力装置（タッチパネル）
- 34 押圧力伝達防止用空隙

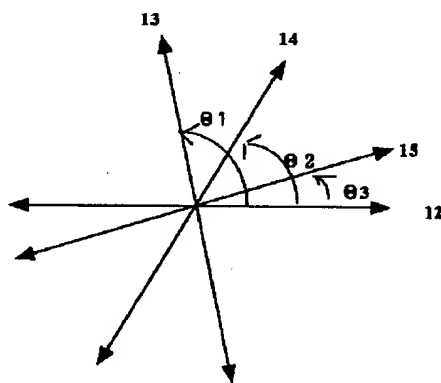
【図 1】



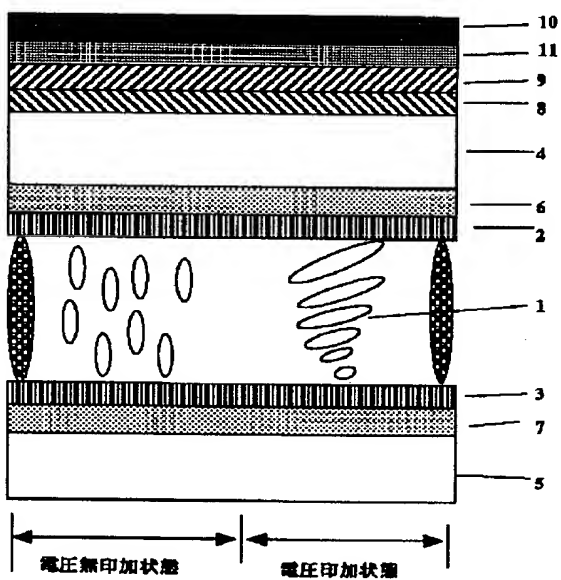
【図 2】



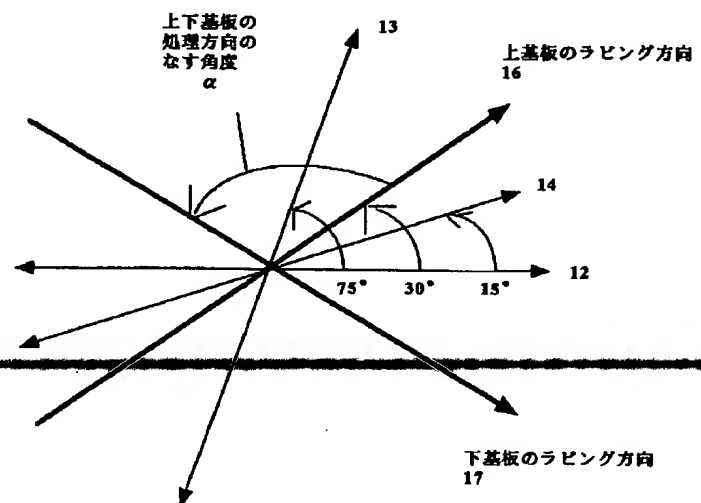
【図 4】



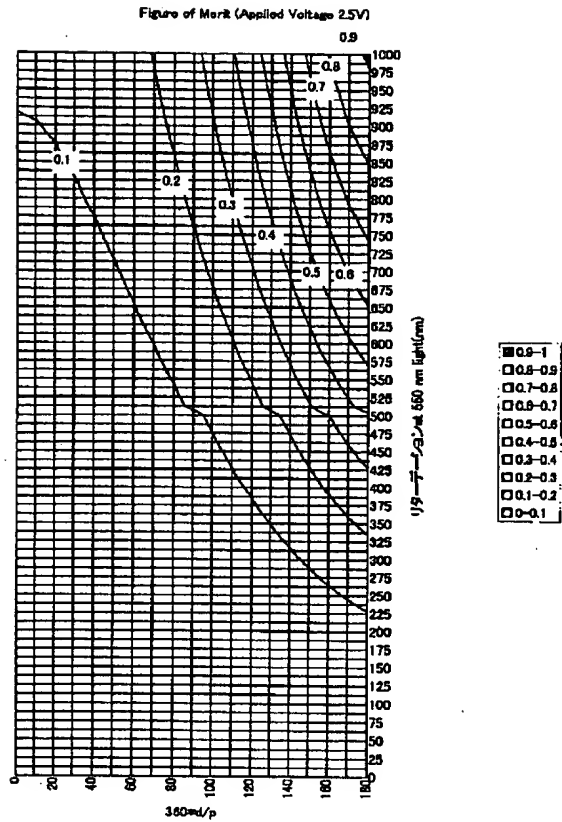
【図 3】



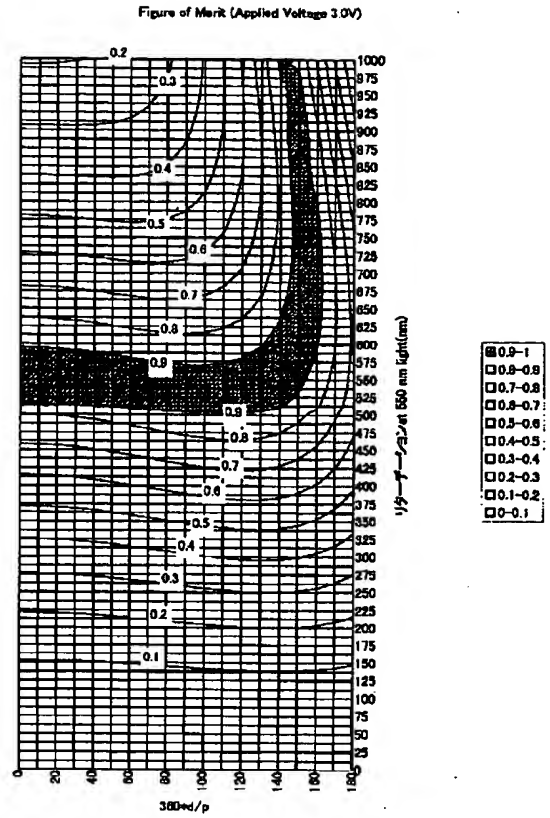
【図 9】



【図 5】

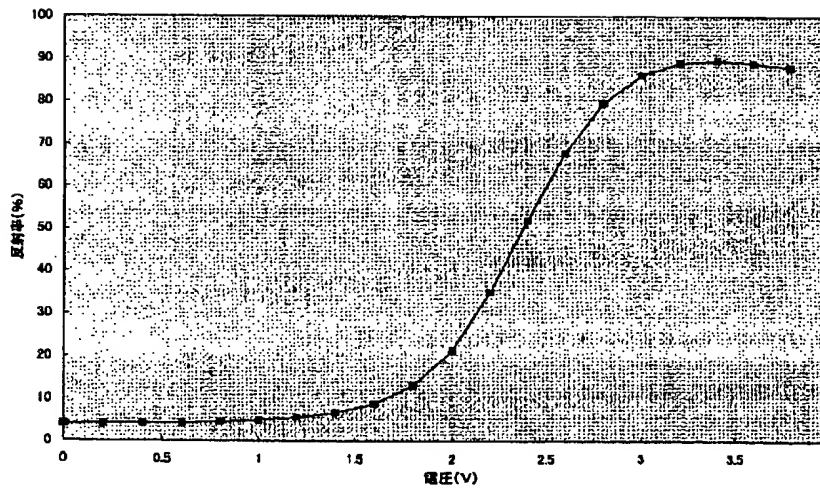


【図 6】



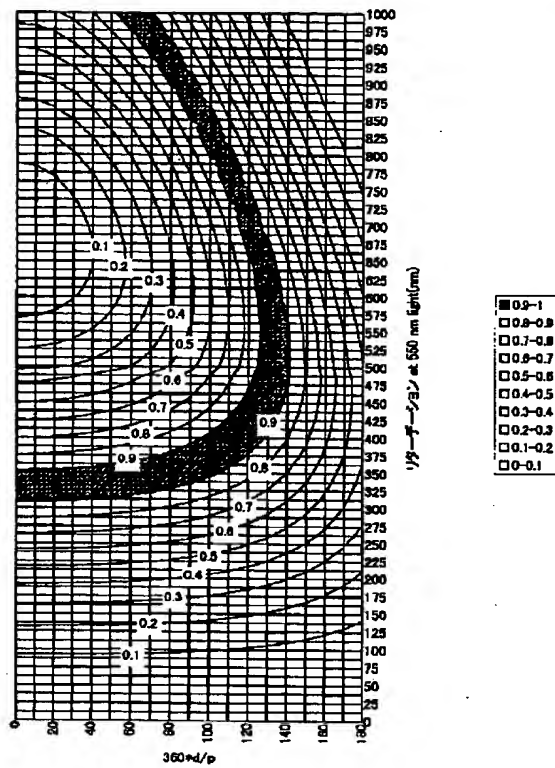
【図 10】

電圧-反射率特性



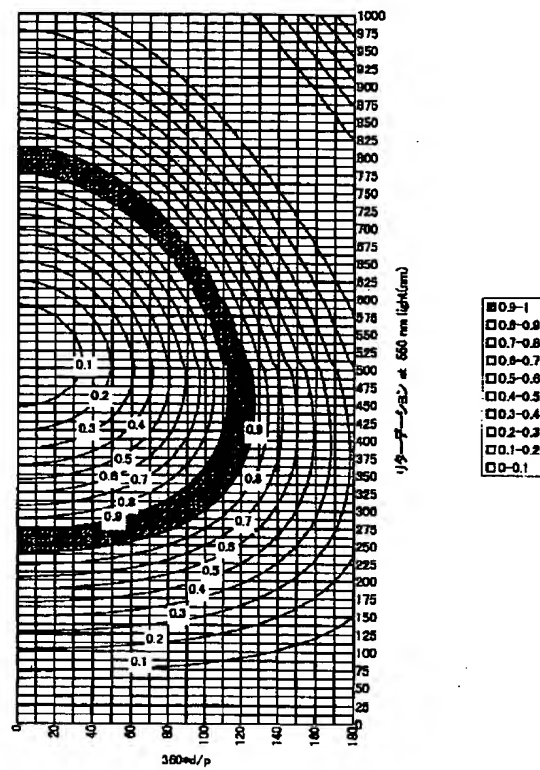
【図7】

Figure of Merit (Applied Voltage 3.5V)

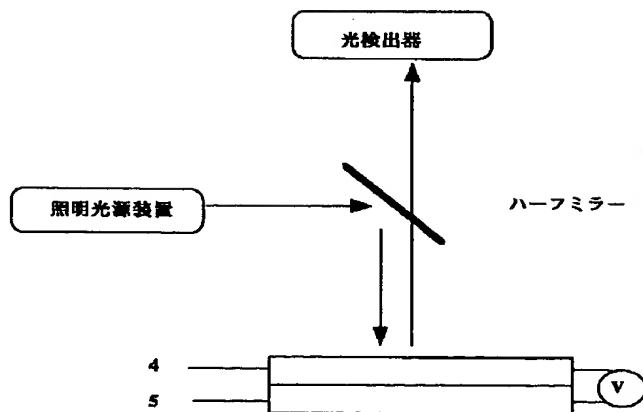


【図8】

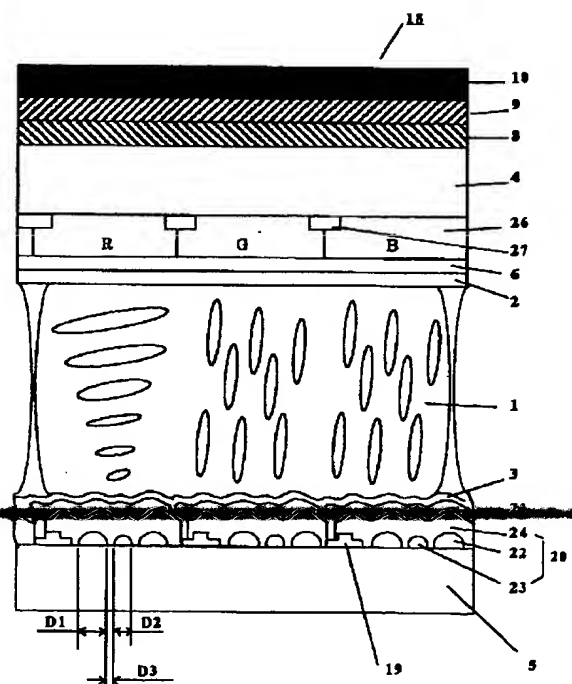
Figure of Merit (Applied Voltage 4.0V)



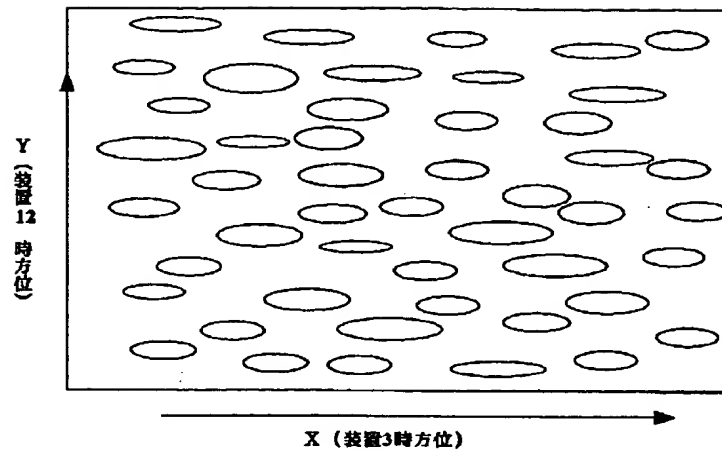
【図11】



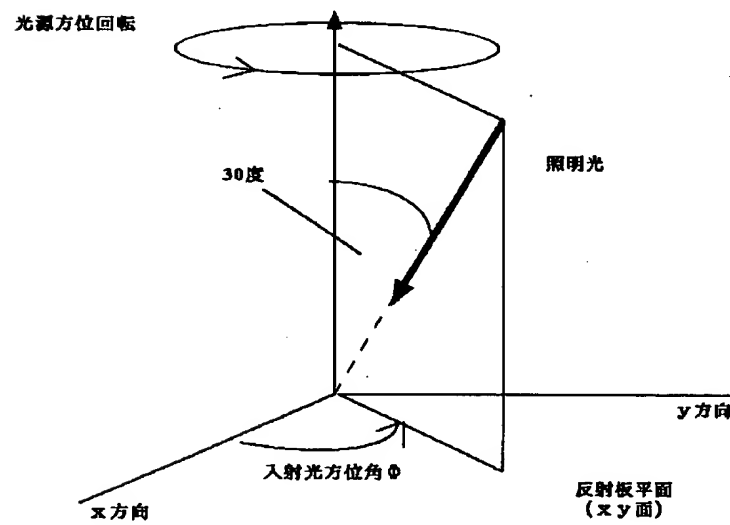
【図12】



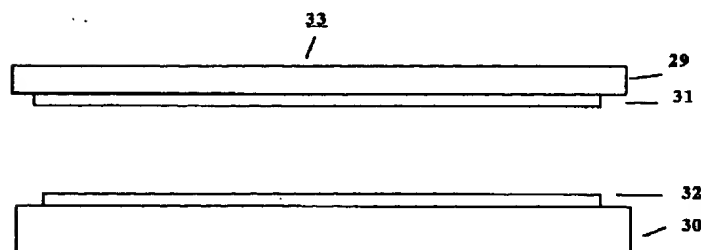
【図13】



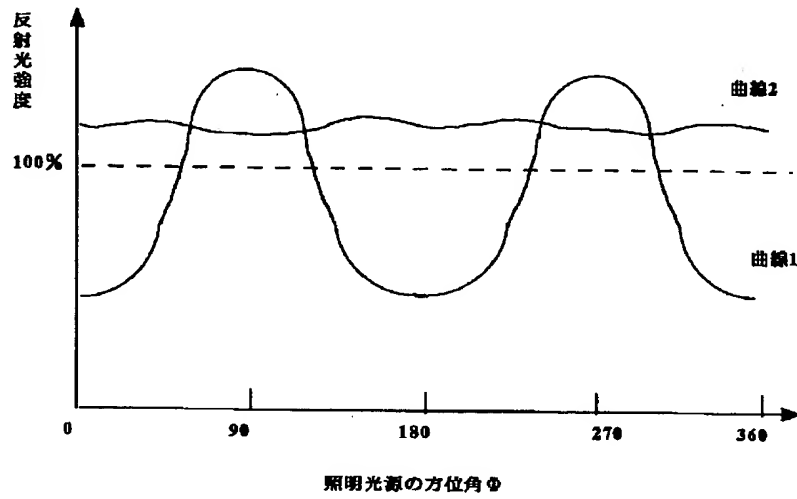
【図14】



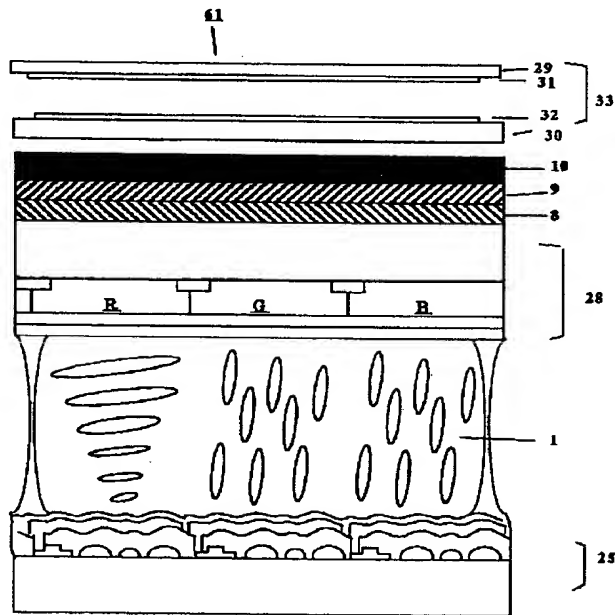
【図16】



【図15】



【図17】



【図18】

